

氏 名 中務 真吾

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4138号

学位授与の日付 平成22年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科 機能分子化学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 廃棄物リサイクルのための固気流動層による乾式比重分離技術の開発

論文審査委員 准教授 押谷 潤 教授 後藤 邦彰 教授 岸本 昭

学位論文内容の要旨

近年の資源問題と廃棄物問題を背景に、廃棄物のリサイクルが推進されている。しかし、ミックスメタルやシュレッダーダスト中の廃プラスチックに代表されるように、リサイクルのために必要不可欠な素材分離が低い分離効率や高い分離コストを要因として進展しないケースも見られる。ミックスメタルや廃プラスチックの分離技術として、重液選別などの湿式分離技術が主に用いられているが、廃液処理や乾燥工程を必要とするなどの湿式特有の様々な問題を抱えており、代替としての乾式分離技術の開発が求められている。その1つとして、固気流動層を用いた分離技術が現在注目されている。粉体を下部からの送風によって流動化させた固気流動層は、液体に類似した性質を持ち、密度の異なる物体を浮揚あるいは沈降させて分離可能であるため、乾式での分離技術として利用可能である。

本研究では、同技術をミックスメタルの高効率分離と廃プラスチックの塩素含有率 1.0 wt%以下への低減に適用可能かを検討した。さらに、効率的な分離を行う上で重要な知見を得るために、物体のサイズ、層内高さに係る諸因子、および物体の投入量が浮沈分離に及ぼす影響を検討した。

まず、ミックスメタル中のアルミニウムと非アルミニウムの浮沈分離実験を行い、空塔速度と浮沈時間を調整することで、サイズが 6.2~24.1 mm のアルミニウムと非アルミニウムを非常に高い分離効率で浮沈分離可能であることを示した。また、効率良く分離するためには、物体サイズの最適化が重要であることを明らかにした。次に、層内への物体投入高さや層内高さ方向に生じる粒子偏析が物体の浮沈挙動に及ぼす影響を検討し、大きな空塔速度では全ての投入高さで物体は同様の浮沈挙動を示すことと、粒子偏析が生じる空塔速度では浮沈後に下層に位置する密度の球が存在し、この高さは球の密度と共に直線的に変化することを明らかにした。さらに、物体の投入高さが可変である円型回転式乾式比重分離装置を用いて模擬廃プラスチックの分離実験を行い、模擬廃プラスチックの投入高さが分離効率に及ぼす影響を検討した。その結果、模擬廃プラスチックのサイズを最適化することにより、層上部および層中間部に投入した場合で同様の分離効率を得られ、層中間部の場合がより短い時間で分離可能であることを明らかにした。この知見をもとに、円型回転式乾式比重分離装置により実際の家電シュレッダーダスト中廃プラスチックの高効率分離を検討し、分離条件を最適化することにより塩素含有率を 1.0 wt%以下へ低減可能であることを明らかにした。また、廃プラスチックの投入量を増加させると、廃プラスチック同士が絡み合うことより分離効率が低下することを示した。最後に、装置のスケールアップを想定し、大型装置において必要となる空気分散板の繋ぎ目と、連続装置において不可避となる常に層底部に存在する沈降物が物体浮沈へ及ぼす影響を検討した結果、空気の出ない繋ぎ目によって流動性の低下領域と粒子循環流が生じ、層底部の沈降物によって部分的に流動化が激しくなることで、物体は流動層との密度差通りの浮沈を示しにくくなることが明らかになった。

以上のように、固気流動層を用いた乾式比重分離技術により、ミックスメタルと廃プラスチックの高効率分離に成功すると共に、高効率分離を行う上で重要となる様々な知見が得られた。高効率かつ低コストを可能とする同技術が廃棄物リサイクルの一層の進展に貢献できることに期待したい。

論文審査結果の要旨

本論文では、近年の資源問題と廃棄物問題を背景に推進されている廃棄物リサイクルに向けた分離技術に対し、従来の湿式分離技術が抱える諸問題を克服可能な固気流動層を用いた乾式比重分離技術に注目し、同技術をミックスメタルの高効率分離と廃プラスチックの塩素含有率1.0 wt%以下への低減に適用すること、さらには効率的な分離を行う上で重要な知見を得るための物体のサイズ、層内高さに係る諸因子、および物体の投入量が浮沈分離に及ぼす影響の検討を目的としている。

この目的に対し実験的検討を行い、まず、ミックスメタル中のアルミニウムと非アルミニウムの浮沈分離実験を行い、空塔速度と浮沈時間を調整することで、サイズが6.2～24.1 mmのアルミニウムと非アルミニウムを非常に高い分離効率で浮沈分離可能であることを示した。また、効率良く分離するためには、物体サイズの最適化が重要であることを明らかにした。次に、層内への物体投入高さと同層内高さ方向に生じる粒子偏析が物体の浮沈挙動に及ぼす影響を検討し、大きな空塔速度では全ての投入高さで物体は同様の浮沈挙動を示すことと、粒子偏析が生じる空塔速度では浮沈後に下層に位置する密度の球が存在し、この高さは球の密度と共に直線的に変化することを明らかにした。さらに、物体の投入高さが可変である円型回転式乾式比重分離装置を用いて模擬廃プラスチックの分離実験を行い、模擬廃プラスチックの投入高さが分離効率に及ぼす影響を検討した。その結果、模擬廃プラスチックのサイズを最適化することにより、層上部および層中間部に投入した場合で同様の分離効率を得られ、層中間部の場合がより短い時間で分離可能であることを明らかにした。この知見をもとに、円型回転式乾式比重分離装置により実際の家電シュレッダーダスト中廃プラスチックの高効率分離を検討し、分離条件を最適化することにより塩素含有率を1.0 wt%以下へ低減可能であることを明らかにした。また、廃プラスチックの投入量を増加させると、廃プラスチック同士が絡み合うことより分離効率が低下することを示した。最後に、装置のスケールアップを想定し、大型装置において必要となる空気分散板の繋ぎ目と、連続装置において不可避となる常に層底部に存在する沈降物が物体浮沈へ及ぼす影響を検討した結果、空気の出ない繋ぎ目によって流動性の低下領域と粒子循環流が生じ、層底部の沈降物によって部分的に流動化が激しくなることで、物体は流動層との密度差通りの浮沈を示しにくくなることを明らかにした。

以上のように、固気流動層を用いた乾式比重分離技術により、ミックスメタルと廃プラスチックの高効率分離に成功すると共に、高効率分離を行う上で重要となる様々な知見が得られ、同技術が廃棄物リサイクルの一層の進展に貢献できることが期待される。以上により、本論文は博士（工学）に十分値するものと判定される。